

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-113643

(43) 公開日 平成7年(1995)5月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 C 19/56

G 0 1 P 9/04

識別記号

庁内整理番号

9402-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平5-258102

(22) 出願日 平成5年(1993)10月15日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 藤生 尚光

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 渡辺 俊二

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72) 発明者 三五 貴敬

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

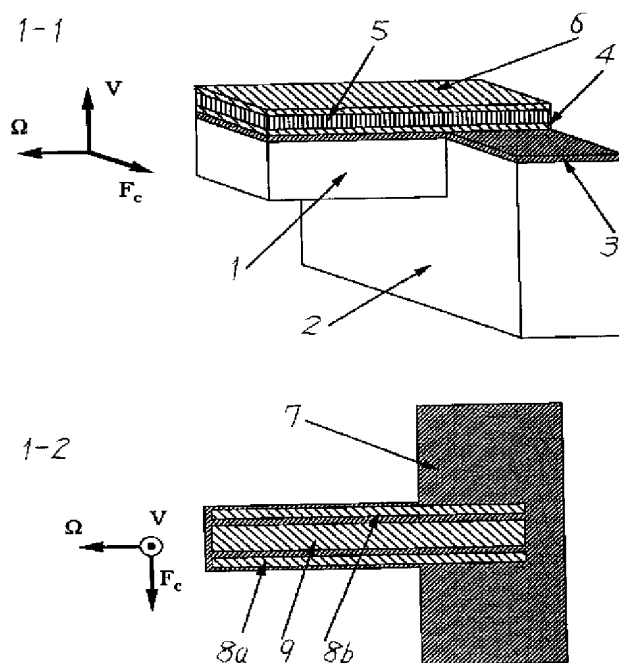
式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 圧電振動角速度計

(57) 【要約】

【目的】 小型で安価に量産できる圧電振動角速度計を提供することを目的とする。

【構成】 シリコン加工プロセスにより形成された片持ち梁または両持ち梁形状の振動子およびそれを支持する基体と、振動子上に形成された圧電及び／または電歪材料からなる薄膜とから圧電振動角速度計を構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】シリコン加工プロセスにより形成された振動子およびそれを支持する基体と、前記振動子上に直接または他の層を介して形成された圧電および／または電歪材料からなる薄膜とから構成される圧電振動角速度計において、前記振動子が前記基体に支持された両持ち梁形状を有することを特徴とする圧電振動角速度計。

【請求項2】シリコン加工プロセスにより形成された振動子およびそれを支持する基体と、前記振動子上に直接または他の層を介して形成された圧電および／または電歪材料からなる薄膜とから構成される圧電振動角速度計において、前記振動子が前記基体に支持された片持ち梁形状を有することを特徴とする圧電振動角速度計。

【請求項3】請求項1または請求項2に記載の圧電振動角速度計において、前記圧電および／または電歪材料からなる薄膜が、該薄膜の両面に電極を伴って前記振動子上に平行に形成されていることを特徴とする圧電振動角速度計。

【請求項4】請求項3に記載の圧電振動角速度計において、前記薄膜の両面に形成した電極の少なくとも一方の電極を梁の軸に対して対称に2分割し、両電極から得られる信号の差を取ってコリオリ力に起因する圧電信号を検出することを特徴とする圧電振動角速度計。

【請求項5】請求項3に記載の圧電振動角速度計において、前記薄膜の両面に形成した電極の少なくとも一方の電極を梁の軸に対して対称に3分割し、中央の電極部を駆動用、両側の電極部を検出用とし、両検出電極から得られる信号の差を取ってコリオリ力に起因する圧電信号を検出することを特徴とする圧電振動角速度計。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、正・逆の圧電効果を利用して振動の回転角速度を検出する圧電振動角速度計に関する。特に、小型で安価に量産できる圧電振動角速度計に関する。

## 【0002】

【従来の技術】正、逆の圧電効果を利用した圧電振動角速度計では、従来、GEタイプとワトソントタイプの2種類が主流となっていた。GEタイプの圧電振動角速度計では、図3に示すように金属でできた棒状振動子に圧電セラミックス板を接着し、これにより金属振動子を駆動

$$F_c = 2m[v \cdot \Omega]$$

ここで、 $F_c$ はコリオリ力、 $m$ は振動子の質量、 $v$ は振動子の振動速度、 $\Omega$ は回転角速度である。振動子の上に直接または電極等の他の層を介して形成される圧電・電歪材料からなる薄膜は、シリコン加工プロセスと整合する方法で形成されることが望ましく、例えばスパッタリング、真空蒸着、EB蒸着、MOCVD法等の真空薄膜形成技術により形成される。

【0008】フォトリソグラフィおよび異方性ケミカ

\*するとともに、振動子の回転にともない生ずるコリオリ力を検出する。使われる振動のモードは無拘束の横振動で、普通、振動の節点で振動を基体に固定する。

【0003】ワトソントタイプ圧電振動角速度計では、図4に示すように、4枚の圧電セラミックバイモルフを2枚ずつ互いに直交するように重ね音叉形状とし、駆動用バイモルフで音叉全体を励振し、素子の回転に伴い生ずるコリオリ力を検出用バイモルフで検知する。これらの素子は角速度センサー、手振れセンサー等として応用され多くの実績を持つ。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの圧電振動角速度計は、振動子の構成、固定の方法が複雑であり、セラミックス板の接着、リード線の取付等の煩雑な工程が不可欠であるため、小型化、低コスト化を行うことは不可能であった。本発明の目的は、これらの問題を解決し、小型で安価に量産できる圧電振動角速度計を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、シリコン加工プロセスと最近盛んとなった圧電・電歪材料の気相合成法とを、圧電振動角速度計を作製するための手段として組み合わせできるとの着想に基づき、シリコン加工プロセスにより基体となるシリコン基板上に振動子を形成し、その上にシリコン加工プロセスと整合する方法により圧電・電歪材料からなる薄膜を形成するとともに、振動子の形状を、基体に支持された片持ち梁あるいは両持ち梁形状とした。

## 【0006】

【作用】圧電・電歪材料からなる薄膜に、シリコンでできた片持ち梁型あるいは両持ち梁型の振動子の横振動の共振周波数付近の周波数の交流電界を印加すると、圧電逆効果により振動子に固有振動が励起される。この段階で梁の軸の回りに回転が起こると、梁の軸方向と振動方向の両方向に垂直な方向にコリオリ力が発生する。この力は駆動電界によって起こる振動と垂直方向に梁を変形させ、これにより振動子に固定された別の圧電・電歪薄膜に圧電正効果によって生ずる誘起電荷を検出すれば、次に示す関係により回転角速度を見積もることができる。

## 【0007】

$$\dots (1)$$

ルエッチングに代表されるシリコン加工プロセスは基本的に2次元の加工プロセスであるため特に安価とするためには2次元的に加工できる振動子の形状とすることが望ましく、このためには圧電・電歪材料からなる薄膜、さらにはこの薄膜から圧電効果を取り出すための電極がシリコンウェハー面に平行に形成されることが望ましい。

【0009】検出用電極からはコリオリ力に起因する圧

電信号に加えて、梁の振動に伴う圧電信号が加算された出力が得られる。コリオリ力が加わると梁は振動方向と垂直方向に撓み、梁の中心面に対して対称に、片側に圧縮応力が、他の側に引っ張り応力が加わる。ここで検出用電極が梁の中心軸に対称に配置してあれば、両電極から得られるコリオリ力に起因する圧電信号は絶対値が等しく符号が反対となる。梁の振動に基づく圧電信号は両電極で等しくなるので、両電極から得られる出力の差を取ればコリオリ力に起因する信号のみを得ることができる。

【0010】素子をさらに簡略化するためには、駆動用、検出用各々の圧電・電歪薄膜を別々に形成するのではなく、一つの圧電・電歪薄膜に対して分割された電極を付け、膜の一部を駆動用、他の部分を検出用として使うことが望ましい。

#### 【0011】

【実施例】以下に実施例により本発明についてさらに詳細に説明する。図1-1は本発明に基づく圧電振動角速度計の1例を示す。シリコンでできた片持ち梁型振動子(1)が同じシリコンの基体(2)に固定されている。シリコン上面には窒化珪素膜(3)が形成され、この上に白金下部電極(4)、チタン酸ジルコニウム酸鉛(PZT)圧電膜(5)さらに白金上部電極(6)が形成されている。図1-2は白金下部電極の面で切断し素子を上方から見た図である。

【0012】下部電極は駆動用(9)、検出用(8a、b)の3部分に分割されている。上部電極を共通のグランドとして使い、駆動用電極に振動子の片持ち梁固有振動数に近い周波数の電界を印加すると、PZT圧電膜の振動により図中Vで示した方向に片持ち梁振動が励起される。振動子が速度VでVの方向に移動しているとき、片持ち梁の軸方向にこの軸の回りに回転角速度 $\Omega$ が加わると先に示した式(1)に従いコリオリ力 $F_c$ が振動子に働く。この力は振動の方向と垂直方向に振動子をたわませる。図1-2に示す方向に力が加わった場合、検出用電極8aの側には圧縮応力が、検出用電極8bの側には引っ張り応力が作用する。検出用電極8aとグランドとの間で検出される電圧を $v_a$ 、検出用電極8bとグランドとの間で検出される電圧を $v_b$ とすると、 $v_a$ 、 $v_b$ 共にコリオリ力に伴う信号に加えて片持ち梁振動に起因する信号が合成された形で検出される。コリオリ力による信号は $v_a$ と $v_b$ で符号が異なるため両者の差 $v_a - v_b$ を取れば片持ち梁振動に起因する信号が相殺され、コリオリ力による信号のみを読みとることができる。

【0013】図2に図1に示した圧電振動角速度計の作製プロセスの1例を示す。Si(110)ウェハの両面に窒化珪素膜をCVD法で製膜後片面に下部電極となるPt/Ti膜をスパッタ法で製膜する(2-1)。次に、駆動及び検出用電極となる3分割電極パターンと、これらと同時に必要となるリード部、配線用ボンディング

グ部に対応するレジストパターンをフォトリソグラフィにより形成する(2-2)。さらに、反応性エッチングによりPt/Ti膜をレジストパターンで被覆された部分を除き下地の窒化珪素膜に達するまで取り除く(2-3)。そして、片持ち梁を形成するのに必要な空隙となる部分と各素子間境界に当たる部分を除きフォトリソグラフィによりレジストを形成する(2-4)。同様に反応性エッチングにより空隙部分に対応する窒化珪素を取り除く(2-5)。裏面に対しても同様に空隙にあたる部分を残してレジストパターンを形成し(2-6)、この部分に窒化珪素膜を反応性エッチングにより除去する(2-7)。このように加工したシリコンウェハ全体に水酸化カリウムで異方性エッチングを行うと、エッチングに対する保護膜となる窒化珪素の無い部分からエッチングが進み、片持ち梁形状が得られる(2-8)。次に、片持ち梁を中心とする部分にスパッタ法によりPZT薄膜を形成する(2-9)。最後にマスク蒸着により上部電極を形成して素子が完成する(2-10)。この素子に適切な駆動電源と検出回路を接続すれば圧電振動角速度計として使用することができる。

【0014】両持ち梁型圧電振動角速度計に関しても、作製プロセス、動作原理とも基本的には片持ち梁型と同様である。

#### 【0015】

【発明の効果】以上の通り、本発明に従えば極めて小型のしかも安価な圧電振動角速度計を得ることができる。本発明の圧電振動角速度計は単に単体で使うのみでなく、マイクロマシン、マイクロロボット等の小型システムへ組み込むことが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に基づく圧電振動角速度計の1例である。

【図2】 図1に示した圧電振動角速度計を作製するためのプロセスの一例である。

【図3】 従来の圧電振動角速度計の概念図である。

【図4】 従来の圧電振動角速度計の概念図である。

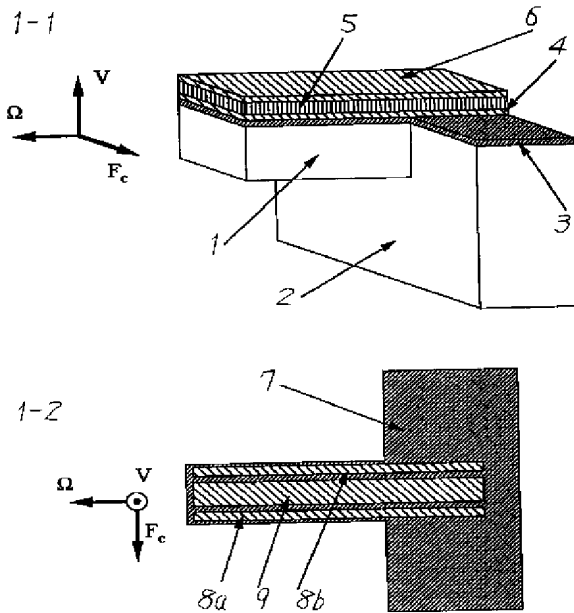
#### 【符号の説明】

- 1 振動子
- 2 基体
- 3 窒化珪素
- 4 下部電極
- 5 PZT膜
- 6 上部電極
- 7 窒化珪素膜(基体)
- 8 検出用電極
- 9 駆動用電極
- 10 レジスト
- 11 切断用溝
- 12 PZT
- 13 金属振動子

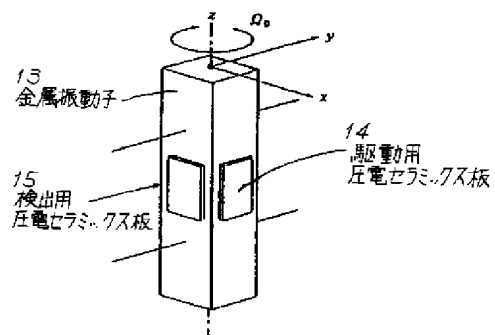
5  
1 4 駆動用圧電セラミック板  
1 5 検出用圧電セラミック板

6  
\* 1 6 駆動用圧電セラミックバイモルフ  
\* 1 7 検出用圧電セラミックバイモルフ

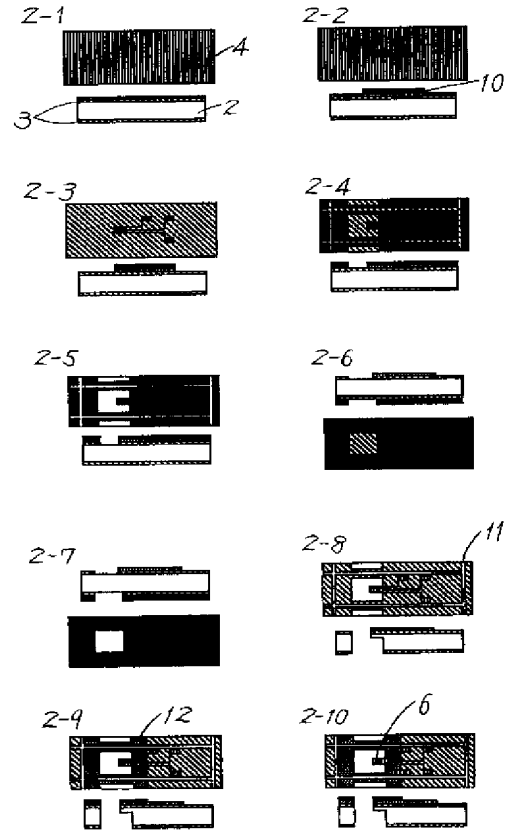
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

